

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

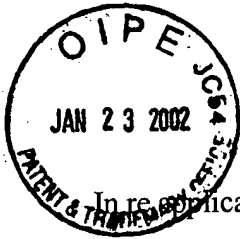
- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

This Page Blank (uspto)

5



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Jean-Jacques CARRILLO

Appln. No.: 09/987,994

Group Art Unit: Unknown

Confirmation No.: 8042

Examiner: Unknown

Filed: November 16, 2001

For: A PROCESS FOR INITIALIZING AND UPDATING THE TOPOLOGY OF A HIGH-VOLTAGE OR MEDIUM-VOLTAGE ELECTRICAL POWER STATION

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of the priority document on which a claim to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority document.

Respectfully submitted,

Paul F. Neils
Registration No. 33,102

SUGHRUE MION, PLLC
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20037-3213
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: France Appln. No. 00 14 851, dated November 17, 2000

Date: January 23, 2002

Attorney Docket No.: Q67326



This Page Blank (uspto)



09/987,994
CARRILLO
conf # 8042
file 11/16/2001
Priority doc 1081

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **21 NOV. 2001**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

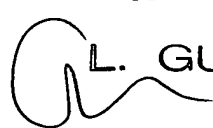
Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr

This Page Blank (uspto)

<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">Réservé à l'INPI</div>			
REMISE DES PIÈCES DATE 17 NOV 2000 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0014851 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 17 NOV. 2000 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Monsieur Michel GOSSE ALSTOM TECHNOLOGIES CIPD 23/25 av. Morane Saulnier 92360 MEUDON LA FORÊT	
V s références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> A30221/EM/EC			
C nfirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Système de protection numérique à reconnaissance automatique de schéma de jeu de barres dans un réseau électrique haute ou moyenne tension.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suit »	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		ALSTOM	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	25 avenue Kléber	
	Code postal et ville	75116	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			

REMISE DES PIÈCES DATE 17 NOV 2000 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0014851 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		A30221/EM/EC	
6 MANDATAIRE			
Nom		GOSSE	
Prénom		Michel	
Cabinet ou Société		ALSTOM TECHNOLOGIES CIPD	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	23/25 avenue Morane Saulnier	
	Code postal et ville	92360	MEUDON LA FORÊT
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 46 29 10 00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 46 29 12 72	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (<i>joindre un avis de non-imposition</i>) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (<i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i>) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Michel GOSSE Ingénieur Brevets		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI  L. GUICHET	

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		A30221/EM/EC	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		20 16 851	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Système de protection numérique à reconnaissance automatique de schéma de jeu de barres dans un réseau électrique haute ou moyenne tension.			
LE(S) DEMANDEUR(S) : ALSTOM 25, avenue Kléber 75116 PARIS FRANCE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		CARRILLO	
Prénoms		Jean-Jacques	
Adresse	Rue	19 rue Frédéric Peysson	
	Code postal et ville	34000	MONTPELLIER
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Michel GOSSE Ingénieur Brevets		Narbonne La Forêt, le 17/11/2000	

DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDEICATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
Modifiée(s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
18			R.M.	15/02/01	20 FEV. 2001 - E S M

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article R.612-36 du code de la Propriété Intellectuelle, est signalé par la mention «R.M.» (revendications modifiées).

Système de protection numérique à reconnaissance automatique de schéma de jeu de barres dans un réseau électrique haute ou moyenne tension

L'invention concerne un système de protection de jeu de barres dans un réseau électrique à haute ou moyenne tension, destiné en premier lieu à la
5 détection de court-circuit dans un jeu de barres, destiné aussi à la détection de défaillance d'un composant du réseau tel qu'un sectionneur, un disjoncteur, un transformateur, ou tout autre composant parmi ceux constituant le schéma électrique global du jeu de barres. Le système de protection est encore destiné par exemple à la validation de commandes affectant l'état des composants.

10 De manière générale, un tel système de protection a besoin de recevoir comme information d'entrée un schéma électrique de base correspondant à la configuration du jeu de barres géré par ce système. La reconnaissance de ce schéma de base nécessite évidemment de connaître les composants du réseau, et de disposer d'informations sur leur configuration et leur état (par exemple ouvert ou
15 fermé). Dans les systèmes connus par la demanderesse, cette reconnaissance est effectuée par un opérateur qui dispose d'une bibliothèque de schémas constituée d'un nombre limité, généralement moins d'un millier, de configurations électriques préétablies. Ces systèmes classiques ne permettent donc pas d'identifier tous les schémas électriques possibles ni toutes leurs particularités, car les caractéristiques
20 du schéma électrique réel doivent nécessairement avoir été cataloguées pour être retrouvées. Par ailleurs, le travail d'un opérateur est alors fastidieux puisque c'est à lui de reconnaître si le schéma de base du réseau existe parmi les schémas catalogués dont il dispose.

Pour remédier à ces inconvénients, la présente invention propose un
25 système de protection numérique de jeu de barres à reconnaissance automatique de schéma. Le système selon l'invention permet de reconnaître systématiquement n'importe quel schéma électrique de base d'un réseau parmi une infinité de schémas possibles, tout en simplifiant considérablement le travail de l'opérateur. Ce dernier n'a plus besoin de rechercher la référence d'un schéma prédéfini, et
30 saisit directement au niveau d'une interface homme machine (IHM) le schéma complet du jeu de barres avec ses composants. Le système selon l'invention permet ainsi de générer à partir du schéma de base les informations de topologie nécessaires que sont les accès possibles de chaque composant et les liens entre composants d'après leur état. En outre, le système permet de saisir dans l'IHM un
35 deuxième niveau appelé topologie d'affectation et constitué des informations d'affectation des composants à des unités de gestion de la protection détaillées plus loin. La saisie de la topologie de schéma et de la topologie d'affectation est gérée

par un programme de topologie répartie qui permet de générer les fichiers de la liste des composants et de la liste des liens pour chaque unité de gestion de la protection. Au niveau de chaque unité de gestion, le programme effectue des procédés de compilation topologique et de recherche opérationnelle permettant de
 5 calculer les caractéristiques du schéma électrique réel, comme les nœuds de courant ou les équipotentiels.

L'invention a donc pour objet un système de protection numérique de jeu de barres dans un réseau électrique à haute ou moyenne tension, comprenant des moyens permettant à un opérateur de saisir un schéma de base de la configuration
 10 électrique du réseau à l'aide d'informations sur les composants et leur état, la saisie du schéma de base permettant de déterminer la liste des composants pour l'ensemble du réseau ainsi que la liste des liens entre ces composants et le nombre d'accès possibles pour chaque composant, caractérisé en ce que ladite saisie est effectuée à partir d'une interface homme machine (IHM) permettant à l'opérateur
 15 d'affecter les composants à des unités de mesure (DFU) et à au moins une unité de centralisation (CU) constitutives du système et réparties sur le jeu de barres, en ce qu'un programme est prévu pour effectuer ensuite un procédé de compilation topologique destiné à fournir une topologie compilée de schéma et d'affectation à partir du schéma de base, et en ce que ladite topologie compilée est ensuite
 20 exploité par les unités du système (DFU,CU) pour permettre à l'aide de procédés de recherche opérationnelle de générer des graphes dont la structure dépend du type d'information recherchée et de l'état de chaque composant du réseau.

Les types d'informations recherchées pour créer les graphes caractérisant le réseau sont principalement :

- 25 - Les nœuds de courant du circuit électrique du réseau,
- Les équipotentiels,
- Les zones reliées,
- Les disjoncteurs voisins d'un point quelconque du circuit,
- L'état du circuit vu depuis n'importe quel composant.

30 Ces renseignements permettent notamment de localiser immédiatement un défaut dans un jeu de barres, de détecter la défaillance d'un composant du réseau, de trouver les solutions optimales de déclenchement, d'améliorer la sensibilité d'un jeu de barres, de détecter automatiquement les défauts de zones mortes, ou encore d'autoriser ou d'inhiber certaines commandes dans des circonstances particulières
 35 (par exemple l'ouverture ou la fermeture de sectionneur).

Pour la compréhension de ce qui suit, il convient de définir précisément les types d'information énoncés précédemment. On peut se reporter aux figures 2 à 6 pour

une illustration des graphes générés à partir du schéma de base d'un circuit simple représenté à la figure 1, par type d'information recherchée.

- 5 - Les nœuds de courant d'un circuit classique sont déterminés par l'état des disjoncteurs, des sectionneurs et des transformateurs de courant équipant ce circuit. On rappelle qu'un nœud est un ensemble de liens contigus, et que la fermeture d'un composant du circuit crée entre les pôles de ce composant un lien qui permet de fusionner en un seul nœud au moins deux nœuds reliés aux pôles. Dans le graphe des nœuds de courants généré par le système selon l'invention, l'algorithme utilisé dans le procédé de recherche opérationnelle

10 détermine toutes les contiguités entre les différents liens du circuit en établissant une connexion à chaque fois qu'un disjoncteur ou un sectionneur est fermé ou dans un état inconnu. Une connexion est aussi établie dès qu'un transformateur de courant est défaillant: la mesure étant supposée fausse par défaut, il faut mesurer le courant qui traverse ce transformateur à l'aide de la

15 somme des courants mesurés par les transformateurs voisins. A l'inverse, le circuit est ouvert au niveau d'un composant si par exemple un disjoncteur ou un sectionneur est ouvert, ou encore si un transformateur de courant fonctionne correctement car la mesure permet d'isoler le nœud. Le graphe ainsi réalisé permet d'identifier le contenu de chacun des nœuds indépendants qui

20 définissent les nœuds de courant du circuit.
- 25 - Les équipotentiels sont déterminées uniquement par l'état des disjoncteurs et des sectionneurs, les transformateurs de courant étant tous considérés fermés quel que soient leurs états physiques. Dans le graphe des équipotentiels généré par le système, le procédé de recherche opérationnelle utilise un algorithme pour déterminer toutes les contiguités entre les différents liens du circuit, en établissant une connexion à chaque fois qu'un disjoncteur ou un sectionneur est fermé. Le graphe ainsi réalisé permet d'identifier le contenu de chacun de ses nœuds indépendants et donc de déterminer les équipotentiels.
- 30 - Une zone du circuit correspond généralement à une barre ou un jeu de barres. Les zones dites reliées sont en fait les équipotentiels entre zones. Le procédé de recherche opérationnelle mis en œuvre par le système permet de déterminer les zones qui sont attachées à un même nœud d'équipotentielle.
- 35 - Les disjoncteurs dits voisins sont déterminés uniquement par l'état des disjoncteurs et des sectionneurs du circuit. Pour obtenir le graphe des disjoncteurs voisins, le procédé de recherche opérationnelle détermine toutes les contiguités entre les différents liens du circuit en établissant une connexion à chaque fois qu'un sectionneur est fermé ou dans un état indéterminé, ou

qu'un disjoncteur fermé est défaillant. Tous les disjoncteurs qui sont fermés et en état de fonctionner sont considérés comme des circuits ouverts au même titre que les disjoncteurs ouverts. Ceci peut sembler illogique mais est justifié par le fait que le graphe ainsi réalisé permet d'identifier les disjoncteurs en état de fonctionner dans chacun de ses nœuds indépendants, et donc de déterminer les disjoncteurs voisins pour un point donné du circuit (tout point du circuit appartient à un nœud indépendant).

- L'état du circuit vu depuis n'importe quel composant consiste à considérer le composant dont il est question comme un circuit ouvert. Selon le type de recherche effectuée, on considère les circuits ouverts ou fermés d'après leur état, qu'il s'agisse de sectionneurs, de disjoncteurs, de transformateurs de courant ou de tout autre composant.

L'invention, ses caractéristiques et ses avantages sont précisés dans la description qui suit en rapport avec les figures ci dessous.

La figure 1 est une représentation du schéma de base d'un exemple de circuit électrique à jeux de barres.

La figure 2 est une représentation du graphe des nœuds de courant du circuit défini à la figure 1.

La figure 3 est une représentation du graphe des équipotentiels du circuit défini à la figure 1.

La figure 4 est une représentation du graphe des zones reliées du circuit défini à la figure 1.

La figure 5 est une représentation du graphe des disjoncteurs voisins d'un point du circuit défini à la figure 1.

La figure 6 est une représentation du graphe du circuit défini à la figure 1, le graphe étant vu depuis un composant.

La figure 7 est une représentation du schéma de base déjà représenté à la figure 1, avec une numérotation des composants du circuit.

La figure 8 est identique à la figure 7, et y ajoute une numérotation provisoire de tous les liens des objets du schéma de base.

La figure 9 représente sous forme de graphe le schéma de base avec les liens numérotés.

La figure 10 représente le graphe de la réduction en nœuds des liens des objets du schéma de base.

La figure 11 représente le graphe de l'ensemble des liaisons entre les éléments terminaux représentant les accès des objets.

La figure 12 représente schématiquement une répartition des composants du circuit par unités de mesure ou de centralisation du système.

- 5 La figure 13 représente schématiquement une topologie de communication entre les unités du système.

La figure 14 représente schématiquement une chaîne de deux octets dans lesquels chaque bit représente l'accès d'un composant identifié lors de l'affectation.

- 10 La figure 15 représente schématiquement le graphe de "fluence" de l'unité de mesure DFU1 représentée à la figure 12.

En figure 1 est représenté le schéma de base d'un exemple de circuit électrique à trois jeux de barres 100. Le circuit comprend neuf sectionneurs 101, trois disjoncteurs 102 et trois transformateurs de courant 103. Cinq sectionneurs et
15 un disjoncteur sont ouverts. Le point P1 représente un point quelconque du circuit, et sert de référence pour le graphe des disjoncteurs voisins en figure 6.

En figure 2, le graphe des nœuds de courant du circuit fait apparaître six nœuds K1 à K6. Les nœuds K4 à K6 sont formés par les secondaires des transformateurs de courant. Le nœud K3 est formé d'un conducteur isolé du reste
20 du circuit par un disjoncteur ouvert. Le nœud K1 est le plus étendu car il comprend deux jeux de barres reliés entre eux.

En figure 3, le graphe des équipotentiels fait apparaître trois équipotentiels U1, U2 et U3, qui correspondent aux nœuds K1 à K3 de la figure 2. On rappelle que seuls l'état des disjoncteurs et sectionneurs est pris en compte
25 pour la détermination des équipotentiels.

En figure 4, le graphe des zones reliées fait apparaître les équipotentiels entre zones de jeux de barres.

En figure 5, le graphe fait apparaître tous les disjoncteurs connectés à un point P1 du circuit.

- 30 En figure 6, le graphe fait apparaître l'ensemble du circuit connecté à un composant.

En figure 7, tous les composants du circuit sont relevés et numérotés. On obtient ainsi la liste de composants suivante:

- 35 { zone 1, zone 2, zone 3, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, D1, D2, D3, TC1, TC2, TC3 }. Chaque zone représente un jeu de barres. Les sectionneurs sont nommés $S_{i=1...9}$, les disjoncteurs $D_{i=1...3}$ et les transformateurs de courant $TC_{i=1...3}$.

On remarque que tous ces objets ont deux accès, sauf les zones qui ont un nombre d'accès variable. L'état des composants n'a aucune importance à ce niveau d'analyse. Qu'un sectionneur soit ouvert ou fermé n'apporte pas d'information supplémentaire. Dans la partie interface opérateur (IHM) du système, le schéma

5 représente les composants de façon standard, c'est à dire sans tenir compte de leur état. Dans ce qui suit, les composants du circuit sont appelés objets du schéma de base.

En figure 8, tous les liens entre les objets du schéma de base sont numérotés provisoirement. On obtient ainsi 24 liens provisoires.

10 En figure 9, le schéma de base est représenté sous forme de graphe avec les liens numérotés.

En figure 10, la réduction des liens en nœuds consiste à numéroté tous les liens contigus avec le même numéro. La convention adoptée dans cet exemple consiste à donner à chaque nœud la valeur du plus petit numéro de lien.

15 En figure 11, les accès des objets sont identifiés et représentés par des éléments terminaux pour former un graphe de liaisons réduit, chaque liaison représentant une connexion entre deux accès. Hormis les zones, chaque objet possède deux accès et est donc divisé en deux éléments terminaux. Les nœuds numérotés dans le graphe de la figure 10 n'ont plus d'intérêt pour la suite du

20 procédé, car ils n'ont qu'un rôle fédérateur pour les liens. Il n'est donc plus nécessaire de conserver la numérotation des nœuds dans le graphe de liaisons réduit. A ce stade du procédé, il est possible de décrire le schéma de base par des sous-ensembles d'éléments terminaux reliés entre eux, chaque sous-ensemble étant représenté par une parenthèse contenant les éléments reliés par des liaisons du

25 graphe.

On obtient ainsi pour le graphe la topologie suivante :

(TC11,D12) (TC21,D22) (TC31,D32) (TC12) (TC22) (TC32)
 (D11,S12,S22,S32) (D21,S42,S52,S62) (D31,S72,S82,S92)
 (Zone 1,S31,S61,S91) (Zone 2,S21,S51,S81) (Zone 3,S11,S41,S71)

30 L'ensemble décrit représente bien toutes les liaisons entre éléments terminaux. Il est à noter que par définition, chacun de ces sous-ensemble représente un nœud du schéma de base, puisque toutes les liaisons entre éléments d'un même sous-ensemble sont contiguës.

Il convient à ce stade de rappeler que le système selon l'invention permet de

35 saisir dans l'interface opérateur (IHM) un niveau appelé topologie d'affectation,

constitué des informations de topologie et d'affectation des composants à des unités de gestion de la protection.

La figure 12 représente schématiquement un exemple de répartition des composants du circuit par unités de gestion de la protection consistant en des unités de mesure (DFU ou Distributed Feeder Unit) et de centralisation (CU ou Central Unit) du système. L'architecture de ces unités est détaillée à la figure 13. Il revient à un opérateur d'affecter chaque groupe de composants à une unité du système, ce qui ne pose pas de problème particulier étant donné qu'une unité de mesure est généralement installée à proximité de chaque groupe distinct.

Par défaut, les zones sont affectées à une ou plusieurs unités de centralisation (CU) qui ont un rôle fédérateur. Supposons que nous ayons trois unités de mesure DFU1, DFU2, et DFU3; il est logique d'affecter les composants S1,S2,S3,D1 et TC1 à l'unité DFU1, de même S4,S5,S6,D2 et TC2 à l'unité DFU2, et enfin S7,S8,S9,D3 et TC3 à l'unité DFU3. Tous les composants, et donc tous les éléments terminaux, sont ainsi affectés. Les tâches de chaque unité de mesure peuvent alors être réparties.

Chaque DFU peut traiter tous les éléments terminaux le concernant, c'est à dire toutes les liaisons concernant les composants qui lui sont affectés. Ces liaisons sont :

- Pour le DFU1 : (TC11,D12) (TC12) (D11,S12,S22,S32)
(Zone 1,S31,S61,S91) (Zone 2 ,S21,S51,S81) (Zone 3,S11,S41,S71)
- Pour le DFU2 : (TC21,D22) (TC22) (D21,S42,S52,S62)
(Zone 1,S31,S61,S91) (Zone 2 ,S21,S51,S81) (Zone 3,S11,S41,S71)
- Pour le DFU3 : (TC31,D32) (TC32) (D31,S72,S82,S92)
(Zone 1,S31,S61,S91) (Zone 2,S21,S51,S81) (Zone 3,S11,S41,S71)
- Pour le CU :
(Zone 1,S31,S61,S91) (Zone 2,S21,S51,S81) (Zone 3,S11,S41,S71)

Chaque unité de mesure (DFU) étant autonome, elle ne peut traiter un élément terminal si celui-ci représente l'accès d'un composant qui n'a pas été affecté à cette unité. Un DFU identifie donc un nœud comme externe chaque fois que le sous-ensemble représentant ce nœud comporte un élément terminal d'un objet qui n'a pas été affecté à ce DFU. Les nœuds externes ne peuvent être traités que par une unité fédératrice (le ou les CU) qui est la seule capable d'en faire la synthèse. Inversement, si un sous-ensemble représentant un nœud ne comporte que des éléments terminaux d'objets qui ont tous été affecté à un même DFU, le nœud est identifié comme interne par le DFU.

Dans l'exemple traité, pour le DFU1, les nœuds internes sont donc:

(TC11,D12) (TC12) (D11,S12,S22,S32), puisque TC1, D1, S1, S2 et S3 sont tous affectés au DFU1.

Les nœuds externes du DFU1 sont :

(Zone 1,S31,S61,S91) (Zone 2 ,S21,S51,S81) (Zone 3,S11,S41,S71)

5 Il existe donc pour le DFU1 trois nœuds externes représentés sur la figure par l'ensemble des liens contigus aux nœuds locaux N1, N2 et N3 respectivement. Ces trois nœuds sont identifiés au niveau des unités CU et DFU1. La même étape d'identification des nœuds internes et externes est effectuée pour les unités DFU2 et DFU3. Sur la figure, les nœuds locaux N4, N5 et N6 représentent les trois
10 nœuds externes du DFU2; N7, N8 et N9 représentent les trois nœuds externes du DFU3. Pour le DFU2, les nœuds externes sont:

(zone 1,S61,S31,S91) (zone 2,S51,S21,S81) (zone 3,S41,S11,S71).

Pour le DFU3: (zone 1,S91,S61,S31) (zone 2,S81,S51,S21) (zone 3,S71,S41,S11).

L'étape suivante revient à constituer pour chaque DFU de nouveaux nœuds
15 externes, aussi appelés nœuds externes réduits, qui sont épurés des objets non connus du DFU et remplacent les nœuds externes définis précédemment:

Pour le DFU1, le nœud externe représenté par N1 est épuré des éléments S61 et S91 ainsi que zone 1, qui ne sont pas affectés au DFU1. Il ne reste que S31 affecté
20 au DFU1 pour ce nœud externe représenté par N1. Le même procédé est appliqué aux nœuds représentés par N2 et N3, et on obtient alors pour le DFU1 les nœuds externes réduits suivants: (S31,N1), (S21,N2) et (S11,N3). La même opération est effectuée pour tous les DFU.

En final, nous avons la topologie suivante pour tous les nœuds de base, c'est à dire tous les nœuds internes et nœuds externes réduits des DFU:

25 Pour le DFU1 :

Les nœuds internes sont (TC11,D12) (TC12) (D11,S12,S22,S32), et les nœuds externes réduits sont (S31,N1) (S21 ,N2) (S11,N3).

Pour le DFU2 :

30 Les nœuds internes sont (TC21,D22) (TC22) (D21,S42,S52,S62), et les nœuds externes réduits sont (S61, N4) (S51, N5) (S41, N6).

Pour le DFU3 :

Les nœuds internes sont (TC31,D32) (TC32) (D31,S72,S82,S92), et les nœuds externes réduits sont (S91, N7) (S81, N8) (S71, N9).

35 Les nœuds suivants sont affectés à l'unité de centralisation (CU), à partir des nœuds externes des DFU épurés des éléments affectés à ces DFU :

(Zone 1,N1,N4,N7) (Zone 2,N2,N5,N8) (Zone 3,N3,N6,N9).

La topologie d'affectation est alors complète.

Ainsi, un DFU n'a pas besoin de connaître d'objets en dehors de ceux qui lui sont affectés. Les DFU n'ont donc pas besoin d'échanger des données de liaisons entre eux, ces données étant gérées au niveau des nœuds affectés au CU.

La figure 13 représente schématiquement une généralisation de la topologie de communication telle que mentionnée dans l'exemple précédent entre les unités de mesure et de centralisation du système. Plusieurs unités de centralisation (CU1, CU2, CU3) sont représentées, et consistent en des unités de traitement numérique comprenant des modules de compilation topologique et des modules d'algorithmes de recherche opérationnelle. Ces unités de centralisation sont reliées entre elles par un réseau de communication spécifique 50, indépendant du reste du système et notamment du réseau de communication 60 qui est quant à lui connecté à au moins une unité (CU) et à un ordinateur assurant la fonction d'interface opérateur (IHM). Cette interface opérateur permet de transmettre aux unités (DFU,CU) les informations rentrées par l'opérateur, et permet également de récupérer à partir des unités (DFU,CU) les informations du jeu de barres pour les afficher sur un synoptique. Les unités de mesure (DFU) sont connectées aux unités de centralisation indépendamment les unes des autres.

Une fois la topologie d'affectation complètement réalisée, les unités de mesure et centralisation se répartissent les tâches pour effectuer un procédé de recherche opérationnelle destiné à exploiter la topologie compilée de schéma et d'affectation pour générer des graphes dont la structure dépend de la fonction définie par le type d'information (nœuds de courant, équipotentielles ou autre) recherchée et de l'état (ouvert, fermé, indéterminé ou autre) de chaque composant du réseau. Pour cette recherche opérationnelle, chaque unité de mesure (DFU) a pour tâche de calculer son propre graphe partiel pour la fonction recherchée, à partir notamment des informations collectées par l'unité sur l'état des composants qui lui sont affectés. Ensuite, chaque unité de centralisation (CU) a pour tâche de calculer le graphe résultant des graphes partiels fournis par chaque DFU que ce CU gère. Enfin, les CU coopèrent entre eux pour calculer le graphe complet pour la fonction recherchée sur l'ensemble du schéma de base.

Chaque DFU reçoit les informations d'état des composants qu'il gère, ce qui permet d'affecter à ce DFU de nouveaux nœuds en complément des nœuds internes et des nœuds externes réduits résultant de la topologie de schéma et d'affectation obtenue par le procédé de compilation topologique. Cette étape de la recherche opérationnelle est illustrée par l'exemple suivant où la fonction équipotentielle est recherchée:

Pour la recherche des équipotentiels, il faut considérer les règles d'état suivantes pour les composants du circuit :

- Un transformateur de courant crée une liaison équipotentielle entre ses deux accès quel que soit son état, et ferme donc toujours un graphe d'équipotentiels.

5 Un DFU crée alors les nœuds (TCx1,TCx2) dès lors qu'un transformateur de courant TCx lui est affecté.

- Un sectionneur ou un disjoncteur ferme un graphe d'équipotentiels s'il est fermé, et l'ouvre s'il est ouvert ou dans un état inconnu. Un nouveau nœud (Sx1,Sx2) ou (Dx1,Dx2) est donc créé par un DFU dès lors que les accès d'un

10 même objet sectionneur Sx ou disjoncteur Dx affecté à ce DFU sont reliés entre eux.

En reprenant l'exemple de compilation topologique d'affectation illustré par le schéma de la figure 12, les nouveaux nœuds suivant peuvent être créés d'après ce qui précède:

15 (TC11,TC12) (TC21,TC22) (TC31,TC32) (S31,S32) (S51,S52) (S61,S62) (S91,S92) (D11,D12) (D21,D22). Ces nouveaux nœuds sont aussi appelés liaisons d'état en ce sens qu'ils représentent la liaison entre les accès d'un objet en fonction de l'état du composant que représente cet objet.

La topologie compilée de schéma et d'affectation obtenue précédemment a permis

20 de connaître les nœuds internes et externes de chaque DFU, qui peuvent à présent être complétés par les liaisons d'état. Pour le DFU1, on a vu que les nœuds internes sont (TC11,D12) (TC12) (D11,S12,S22,S32), et que les nœuds externes sont (S31,N1) (S21,N2) (S11,N3). On sélectionne alors parmi les liaisons d'état celles qui correspondent à des objets affecté au DFU1, soit (TC11,TC12) (S31,S32)

25 (D11,D12), pour obtenir le graphe partiel de l'ensemble des nœuds gérés par le DFU1.

De même, on obtient pour le DFU2 le graphe partiel de l'ensemble des nœuds suivants:

(TC21,D22) (TC22) (D21,S42,S52,S62)

30 (S61, N4) (S51, N5) (S41, N6)

(TC21,TC22) (S51,S52) (S61,S62) (D21,D22)

Pour le DFU3, on obtient:

(TC31,D32) (TC32) (D31,S72,S82,S92)

(S91, N7) (S81, N8) (S71, N9)

35 (TC31,TC32) (S91,S92).

Pour le CU, on a vu qu'il ne gère que les nœuds externes et les zones pendant le procédé topologique d'affectation. On reprend donc les nœuds précédents:

(Zone 1,N1,N4,N7) (Zone 2,N2,N5,N8) (Zone 3,N3,N6,N9).

Chaque DFU peut à présent effectuer une étape de réduction de nœuds au niveau du graphe partiel qu'il gère, par comparaison mutuelle des nœuds entre eux.

Chaque nœud d'un graphe partiel est ainsi comparé aux autres nœuds de ce graphe

5 un à un, afin de déterminer si deux nœuds comportent un élément terminal commun. Dans l'affirmative, cela signifie que les deux nœuds sont directement reliés entre eux, et peuvent donc être réduits en un seul nœud en mettant en commun leurs éléments terminaux. Le nœud réduit obtenu est comparé aux autres nœuds du graphe, ce qui peut à nouveau aboutir à la réduction de deux nœuds en
10 un seul, et ainsi de suite. On peut remarquer que la réduction de nœuds peut se modéliser mathématiquement par une succession de ET logique entre les sous ensembles représentant les nœuds, et par une opération de OU logique entre les sous ensembles pour lesquels le ET logique a donné un résultat non nul. Au niveau du graphe partiel, cette étape consiste finalement à regrouper plusieurs nœuds
15 locaux reliés entre eux pour former un nœud plus large.

Pour le DFU1 par exemple, $(TC11,D12) \text{ ET } (TC11,TC12) = (TC11,D12,TC12)$, qui peut être regroupé avec $(TC12)$ et $(D11,D12)$ pour donner $(TC11,D12,TC12,D11)$. On voit aussi que $(D11,S12,S22,S32) \text{ ET } (S31,S32) \text{ ET } (S31,N1)$ donnent $(D11,S12,S22,S32,S31,N1)$ qui possède l'élément D11 en
20 commun avec le nœud intermédiaire précédent, ce qui permet de créer le nœud plus large $(TC11,D12,TC12,D11,S12,S22,S32,S31,N1)$. Les nœuds $(S21,N2)$ et $(S11,N3)$ ne peuvent pas quant à eux être regroupés avec un autre nœud.

La réduction donne donc pour le DFU1 le graphe partiel réduit suivant:

$(TC11,D12,TC12,D11,S12,S22,S32,S31,N1) (S21,N2) (S11,N3)$.

25 De même, on obtient pour le DFU2:

$(TC21,D22,TC22,D21,S42,S51,S52,S62,S61,N4,N5) (S41,N6)$,

et pour le DFU3:

$(TC31,D32,TC32) (D31,S72,S82,S92,S91,N7) (S81,N8) (S71,N9)$.

Ces informations sont transmises par les DFU à l'unité de centralisation (CU) qui
30 gère ces DFU. On suppose ici qu'il y a un même CU pour les trois DFU, mais le principe de fonctionnement est le même si plusieurs CU gèrent les DFU car dans ce cas les CU communiquent entre eux par un réseau de communication tel que représenté à la figure 13.

Le CU peut ainsi traiter l'ensemble des nœuds du graphe complet suivant:

35 $(Zone\ 1,N1,N4,N7) (Zone\ 2,N2,N5,N8) (Zone\ 3,N3,N6,N9)$
 $(TC11,D12,TC12,D11,S12,S22,S32,S31,N1) (S21,N2) (S11,N3)$
 $(TC21,D22,TC22,D21,S42,S51,S52,S62,S61,N4,N5) (S41,N6)$

(TC31,D32,TC32) (D31,S72,S82,S92,S91, N7) (S81, N8) (S71, N9).

L'ensemble des nœuds peut être réduit en utilisant la même méthode de regroupement que pour les nœuds des graphes partiels. On trouve alors :

(Zone1,Zone2,N1,N4,N7,N2,N5,N8,TC11,TC12,D11,D12,S12,S21,S22,S31,S32,
 5 S72,S81,S82,S91,S92,TC21,TC22,D21,D22,S42,S51,S52,S61,S62,D31)
 (Zone3,N3,N6,N9,S11,S71,S41)
 (TC31,D32,TC32)

Les représentations N1 à N9 des nœuds externes ne sont plus utiles à ce stade pour
 10 représenter le graphe complet des trois équipotentiels correspondant aux trois
 nœuds réduits obtenus. Ces nœuds N1 à N9 peuvent donc être supprimés pour
 simplifier les sous ensembles d'éléments formant les trois équipotentiels
 distinctes. On peut vérifier que le graphe complet obtenu correspond bien à
 l'illustration de la figure 3 pour le même exemple où sont dessinées les trois
 équipotentiels U1, U2 et U3.

15 Le graphe des équipotentiels permet notamment de s'assurer qu'un sectionneur
 peut être fermé en charge, dès lors que les éléments terminaux représentant les
 deux accès de ce sectionneur appartiennent à un même nœud d'équipotentielle.

Par exemple, on pourra fermer S8 ou S2, mais pas S1 ni S7 ni S4.

Pour savoir si on peut ouvrir un sectionneur, on applique le même type de
 20 recherche opérationnelle, mais on considère comme ouvert le sectionneur que l'on
 veut ouvrir puisque il faut savoir si les deux accès du sectionneur une fois ouvert
 seront au même potentiel. Dans l'exemple traité, on peut ouvrir S3,S5,S6 et S9.

Les équipotentiels nous donnent également les informations de groupes de zones.
 Dans l'exemple traité, on trouve les deux groupes (Zone1,Zone2) et (Zone3).

25 Afin d'améliorer très nettement la rapidité du procédé de recherche
 opérationnelle utilisé pour la mise en œuvre de l'invention, la topologie
 d'affectation est suivie d'un traitement de pré-formatage des informations
 d'affectation saisies en fichiers binaires de topologie, au niveau de chaque DFU.
 Ces fichiers utilisent des chaînes d'un ou plusieurs octets. Chaque bit d'un octet
 30 représente l'accès d'un composant identifié lors de l'affectation, ou peut aussi
 représenter un nœud externe (tel que les nœuds N1 à N9 dans l'exemple traité
 précédemment) affecté à une unité de mesure du système.

La figure 14 représente un tel fichier pré-formaté sur treize bits (ce fichier
 requiert donc deux octets), dont les bits représentent tous les éléments terminaux
 35 affectés au DFU1 et tous les nœuds externes du DFU1. Ainsi, tous les nœuds de
 base (nœuds internes et nœuds externes réduits) du graphe partiel géré par le DFU1

peuvent être décrits par les fichiers binaires suivants, en faisant passer chaque bit au niveau logique 1 si l'accès que ce bit représente constitue un accès du nœud:

(TC11,D12) = 0001001000000

(TC12) = 0000100000000

5 (D11,S12,S22,S32) = 0000010010101

(S31,N1) = 1000000000010

(S21,N2) = 0100000001000

(S11,N3) = 0010000100000

10 Pour savoir si deux nœuds sont directement reliés entre eux, l'algorithme de recherche opérationnelle réalise simplement le ET logique entre les fichiers pour rechercher une éventuelle coïncidence binaire. Si le résultat est nul, il n'y a pas de lien. Dans le cas contraire, il y a un ou plusieurs liens (autant que de positions binaires communes à 1), et un regroupement des nœuds peut alors être réalisé en effectuant le OU logique entre ces nœuds.

15 On remarque que chacun des nœuds de base du graphe partiel est indépendant des autres, c'est à dire qu'il n'existe pas de 1 logique commun à la même position entre les fichiers décrivant tous les nœuds du graphe. Cette constatation est parfaitement normale, puisque ces nœuds de base ont déjà été regroupés, c'est à dire réduits au maximum, lors du procédé de compilation topologique.

20 L'algorithme de recherche opérationnelle requiert ensuite la description en fichiers binaires des liaisons d'état, qui est la suivante pour le DFU1:

(TC11,TC12) = 0001100000000

(S31,S32) = 0000000000011

(D11,D12) = 0000011000000

25 La réduction de l'ensemble des nœuds du graphe partiel peut alors être effectuée en cherchant à partir de chaque liaison d'état les regroupements possibles avec les nœuds de base du graphe. La première liaison d'état (TC11,TC12) donne un résultat non nul sur une opération ET logique avec les nœuds de base (TC11,D12) et (TC12) du graphe, et donne un résultat nul avec les autres nœuds de base.

30 En effet :

(TC11,D12) = 0001001000000

et (TC11,TC12) = 0001100000000

De même, (TC12) = 0000100000000

et (TC11,TC12) = 0001100000000

35 Le procédé de recherche regroupe ensuite les nœuds précédents par une opération de OU logique:

(TC11,D12) OU (TC11,TC12) = (TC11,TC12,D12) = 0001101000000,

et (TC12) OU (TC11,TC12) = (TC11,TC12) = 0001100000000.

Les deux nœuds obtenus peuvent aussi être regroupés puisqu'ils en commun les accès de la liaison d'état sur laquelle s'est effectuée la recherche. Le procédé ne garde finalement que le nœud global (TC11,TC12,D12) pour la première liaison d'état. Une nouvelle recherche est effectuée pour chaque liaison d'état restante, et tous les nœuds globaux obtenus sont ensuite regroupés entre eux pour obtenir le nœud irréductible (TC11,D12,TC12,D11,S12,S22,S32,S31,N1) du graphe partiel du DFU1. Par ailleurs, le procédé de recherche opérationnelle a pu établir que toutes les liaisons d'état donnent un résultat nul sur une opération ET logique avec les nœuds de base (S21,N2) et (S11,N3) qui sont donc des nœuds irréductibles du graphe partiel du DFU1. On retrouve ainsi le graphe partiel réduit du DFU1: (TC11,D12,TC12,D11,S12,S22,S32,S31,N1) (S21 ,N2) (S11,N3).

Afin d'améliorer la rapidité de l'algorithme de recherche opérationnelle, on peut considérer qu'il n'est pas indispensable d'effectuer une opération de ET logique entre chaque liaison d'état et tous les nœuds de base d'un graphe partiel pour un DFU. On peut en effet utiliser pour chaque DFU un graphe dit graphe de fluence de ce DFU, établi à partir du schéma de base des composants tel que rentré dans l'interface opérateur, c'est à dire sans tenir compte de l'état des objets.

En figure 15 est représenté le graphe de fluence du DFU1. On remarque par exemple que le transformateur de courant TC1 ne peut relier que le noeud F1 ainsi que le disjoncteur D1 (par son accès D12). Il est donc inutile de chercher l'influence de la liaison d'état (TC11,TC12) sur d'autres nœuds de base que ceux du graphe partiel du DFU1 qui contiennent l'accès D12 ou le nœud F1. Grâce aux informations du graphe de fluence, les opérations peuvent finalement être réalisées dans un ordre optimum prédéfini, pour limiter les redondances et pour permettre que chaque résultat intermédiaire aboutisse soit à isoler un nœud de base soit à grouper des nœuds par l'intermédiaire d'une liaison d'état.

Pour définir cet ordre optimum, l'algorithme de recherche opérationnelle utilise la valeur de fluence de chaque lien entre les objets, valeur entière qui représente le nombre d'accès du lien à une liaison d'état. Sur l'exemple de la figure 15, un lien entre un nœud (N1, N2 ou N3) et un sectionneur ne possède qu'un seul accès à une liaison d'état, en l'occurrence une liaison (Sx1,Sx2). La valeur de fluence de chacun des trois liens est donc égale à un, tel que représenté. Il est à noter qu'un noeud (N1, N2, N3 ou F1) ne représente aucune liaison d'état car il est systématiquement connecté à une zone du graphe complet ou à une zone externe au graphe. Un lien entre un sectionneur (S1,S2,S3) et le disjoncteur (D1) possède

quatre accès à une liaison d'état, car il est relié à ces quatre objets (S1,S2,S3,D1) qui peuvent chacun créer une liaison en fonction de leur état. Par exemple, un sectionneur Sx autorise une liaison d'état Sx1 ou Sx2 car il peut être ouvert ou fermé. Le même raisonnement est appliqué pour les autres liens du graphe de fluence, pour obtenir les valeurs indiquées sur la figure.

5 Ensuite, le nombre maximum d'opérations à réaliser est calculé en diminuant de un chaque valeur de fluence et en effectuant la somme des valeurs obtenues. Les valeurs de fluence permettent ainsi à l'algorithme de recherche opérationnelle de définir le nombre de comparaisons et regroupements de nœuds à

10 réaliser.

Revendications

- 1/ Système de protection numérique de jeu de barres dans un réseau électrique à haute ou moyenne tension, destiné en premier lieu à la détection de court-circuit dans un jeu de barres, destiné aussi la détection de défaillance d'un composant
- 5 parmi ceux constituant le schéma électrique global du jeu de barres, comprenant des moyens permettant à un opérateur de saisir un schéma de base de la configuration électrique du réseau à l'aide d'informations sur les composants, la saisie du schéma de base permettant de déterminer la liste des composants pour l'ensemble du réseau ainsi que la liste des liens entre ces composants et le nombre
- 10 d'accès possibles pour chaque composant, caractérisé en ce que ladite saisie est effectuée à partir d'une interface homme machine (IHM) permettant à l'opérateur d'affecter les composants à des unités de mesure (DFU) et à au moins une unité de centralisation (CU) constitutives du système et réparties sur le jeu de barres, en ce qu'un programme est prévu pour effectuer ensuite un procédé de compilation
- 15 topologique destiné à fournir une topologie compilée de schéma et d'affectation à partir du schéma de base, et en ce que ladite topologie compilée est ensuite exploitée par les unités du système (DFU,CU) pour permettre à l'aide de procédés de recherche opérationnelle de générer des graphes dont la structure dépend du type d'information recherchée et de l'état de chaque composant du réseau.
- 20 2/ Procédé de compilation topologique de schéma et d'affectation pour système de protection selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il inclut les étapes suivantes :
- numérotation provisoire de tous les liens du schéma de base,
 - réduction en nœuds des liens entre les objets numériques représentant les
 - 25 composants du réseau, par la renumérotation avec un même numéro de tous les liens contigus entre objets,
 - morcellement de chaque objet en autant d'éléments terminaux que d'accès possibles pour le composant qu'il représente,
 - constitution de toutes les liaisons entre objets par l'établissement de la liste de
 - 30 tous leurs éléments terminaux sous la forme d'un graphe de liaisons réduit,
 - division de la liste des éléments terminaux en sous-ensembles constitués chacun d'éléments terminaux reliés entre eux,
 - affectation de chaque sous-ensemble d'éléments terminaux à une unité de mesure (DFU) et/ou l'unité de centralisation (CU) dès lors qu'au moins un

élément terminal du sous-ensemble représente une liaison concernant un composant géré par cette unité (CU, DFU),

- identification des sous-ensemble d'éléments terminaux affectés à chaque unité de mesure (DFU) comme nœuds internes ou nœuds externes de l'unité, un sous-ensemble étant identifié comme nœuds interne si tous ses éléments terminaux sont gérés par l'unité et comme nœud externe si au moins un élément terminal concerne un composant qui n'a pas été affecté à l'unité,
- pour chaque unité de mesure (DFU), constitution de nœuds externes réduits qui sont purgés des objets non connus de l'unité et remplacent les anciens nœuds externes identifiés à l'étape précédente,
- identification des nœuds traités par l'unité de centralisation (CU) du système.

3/ Procédé de recherche opérationnelle pour système de protection selon la revendication 1, caractérisé en ce que qu'un graphe partiel est réalisé pour chaque unité de mesure (DFU) du système à partir de la topologie compilée de schéma et d'affectation et à partir d'informations collectées par l'unité sur l'état des composants qui lui sont affectés, et en ce qu'un graphe complet est calculé au niveau d'une ou plusieurs unités de centralisation (CU) du système par des algorithmes de superposition des graphes partiels selon la théorie des graphes.

4/ Procédé de recherche opérationnelle selon la revendication 3, caractérisé en ce que les informations sur l'état de chaque composant sont utilisées par des algorithmes de recherche opérationnelle pour parvenir à la topologie sous forme de nœud(s) ou de graphe ouvert entre les accès de chaque objet, et en ce que plusieurs nœud reliés entre eux dans un graphe partiel sont regroupés en un seul lors d'une étape de réduction de nœuds par comparaison mutuelle.

5/ Procédé de recherche opérationnelle selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que la topologie d'affectation est suivie d'un traitement de pré-formatage des informations d'affectation saisies en fichiers binaires de topologie, en ce que lesdits fichiers binaires utilisent des chaînes d'un ou plusieurs octets, et en ce que chaque bit d'un octet représente l'accès d'un composant identifié lors de l'affectation ou représentant un nœud externe affecté à une unité de mesure du système.

6/ Procédé de recherche opérationnelle selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'un nœud d'un graphe partiel est décrit par un fichier binaire dont chaque bit passe au niveau logique 1 si l'accès que ce bit représente constitue un accès du nœud.

- 7/ Procédé de recherche opérationnelle selon la revendication 6, caractérisé en ce que la réduction des nœuds d'un graphe partiel est réalisée à partir des fichiers binaires décrivant les nœuds de base ainsi que les liaisons d'état du graphe en effectuant des opérations de ET logique et de OU logique entre ces fichiers binaires.
- 5
- 8/ Procédé de recherche opérationnelle selon la revendication 7, caractérisé en ce que le graphe de fluence de la partie du schéma de base affectée à une unité de mesure (DFU) est généré lors de la saisie par un opérateur du schéma de base réparti, et en ce que ledit graphe de fluence est exploité par l'unité de mesure afin d'optimiser le nombre d'opérations logiques qu'elle doit réaliser entre les fichiers binaires pour les étapes de réduction de nœuds.
- 10
- 9/ Unité de mesure (DFU) destinée à un système de protection numérique de jeu de barres selon la revendication 1.
- 10/ Unité de centralisation (CU) destinée à un système de protection numérique de jeu de barres selon la revendication 1.
- 15

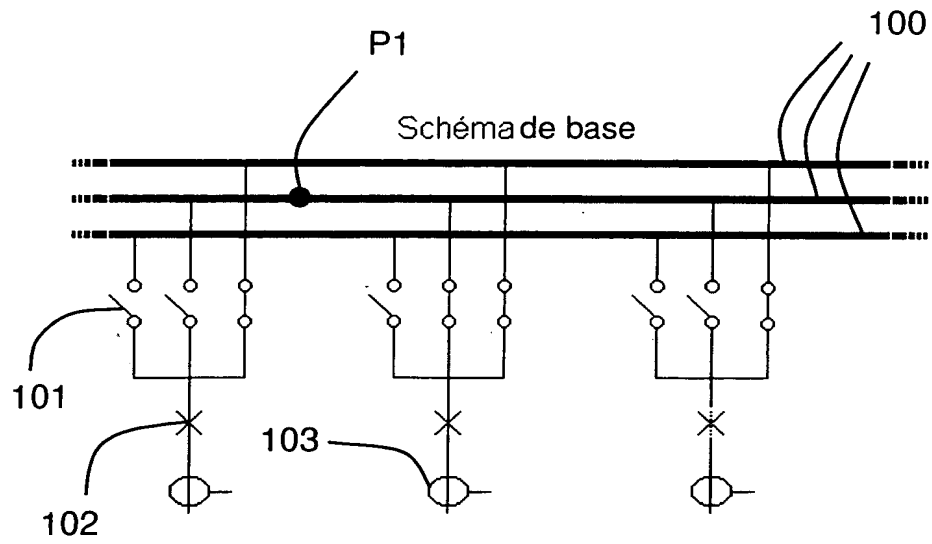


Figure 1

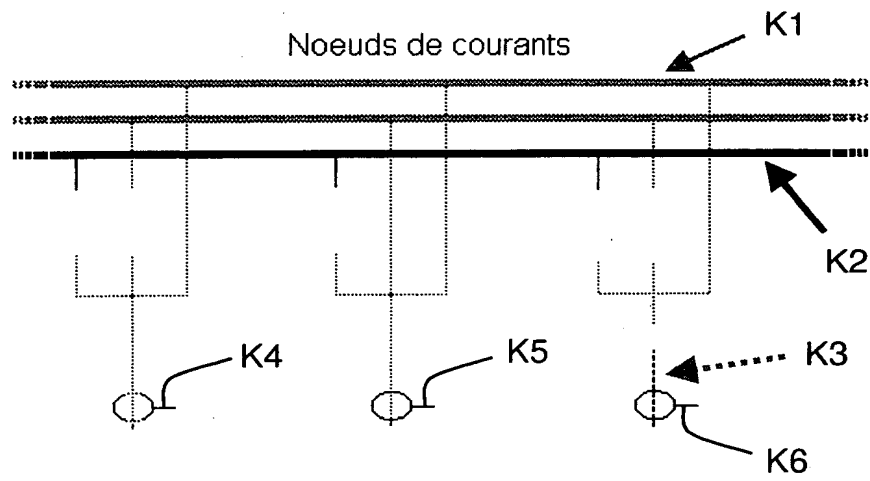


Figure 2

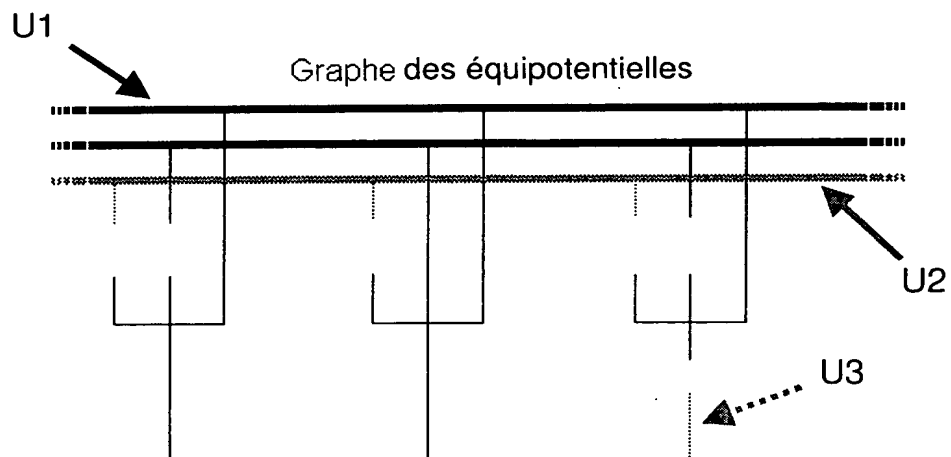


Figure 3

Graphe zones reliées

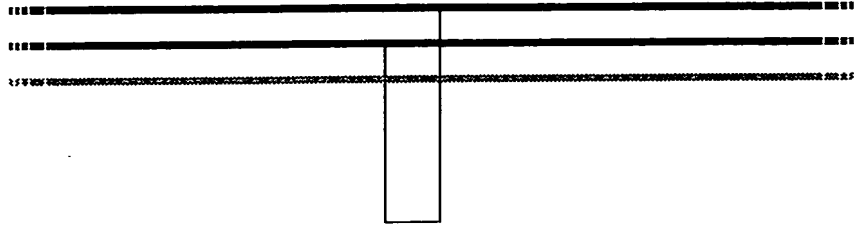


Figure 4

Graphe disjoncteurs voisins

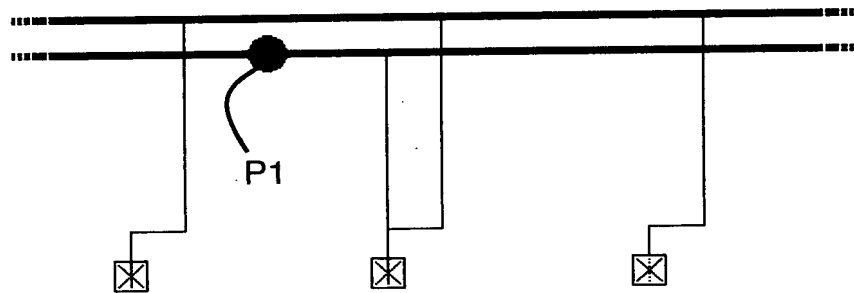


Figure 5

Circuit vu depuis un composant

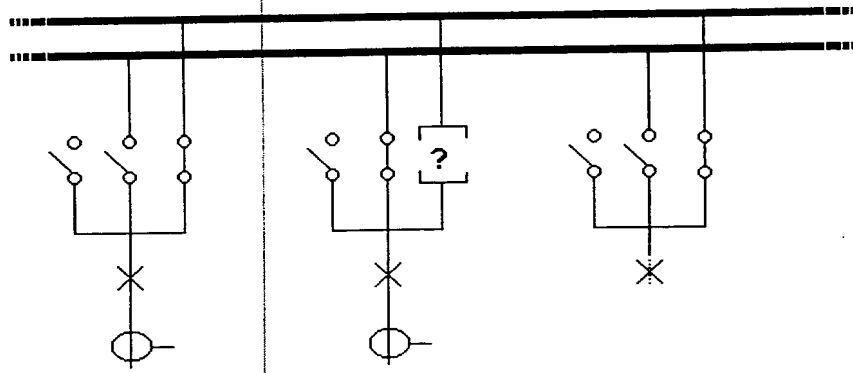


Figure 6

Composants

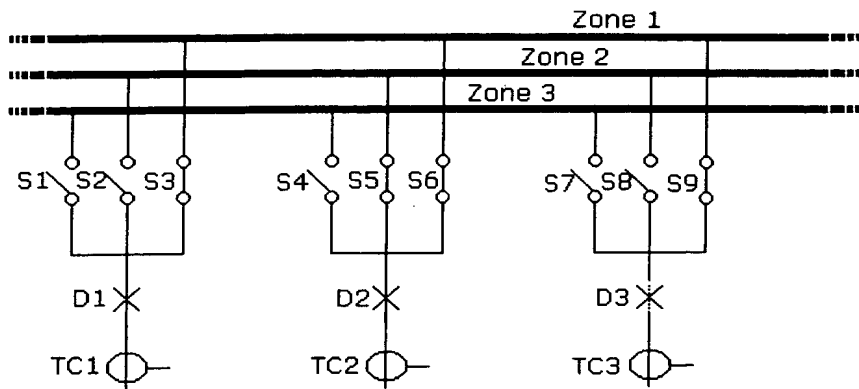


Figure 7

Numérotation des liens

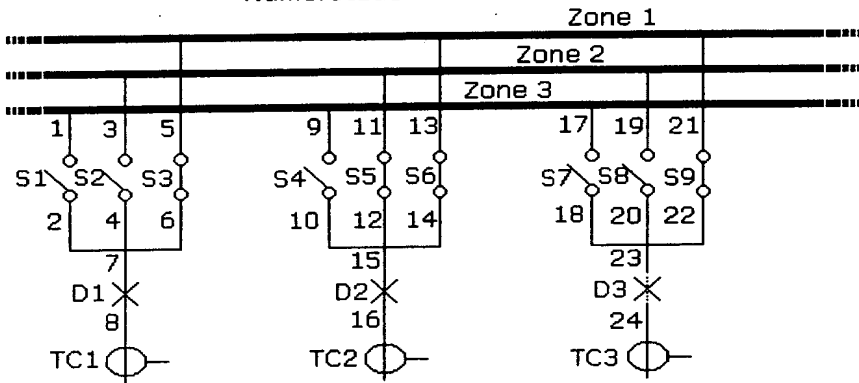


Figure 8

Graphe du schéma

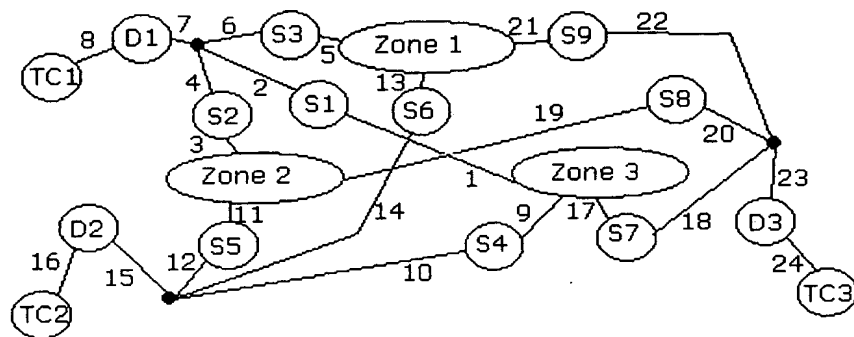
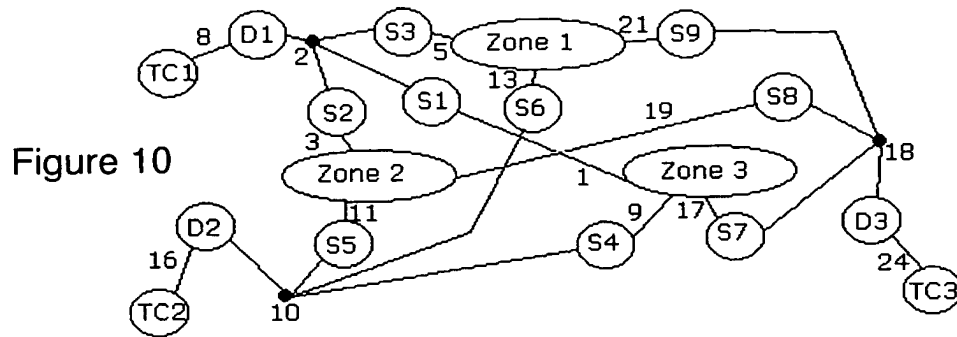
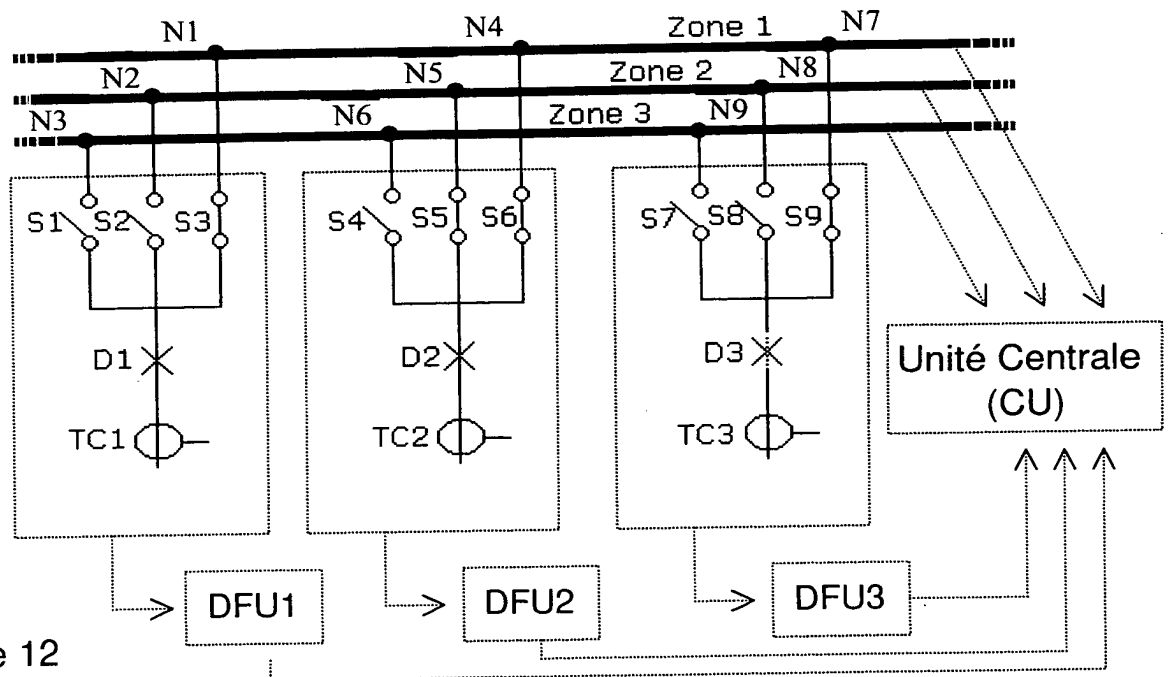
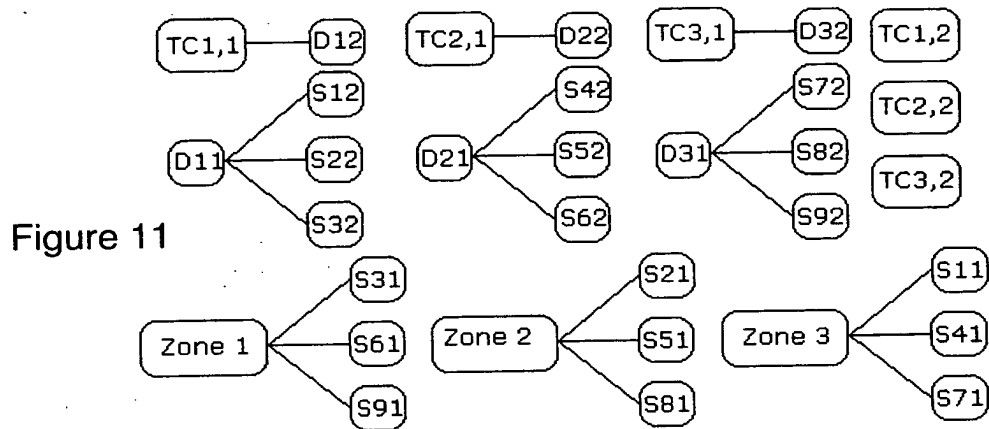


Figure 9

Réduction des liens



Ensemble des liaisons



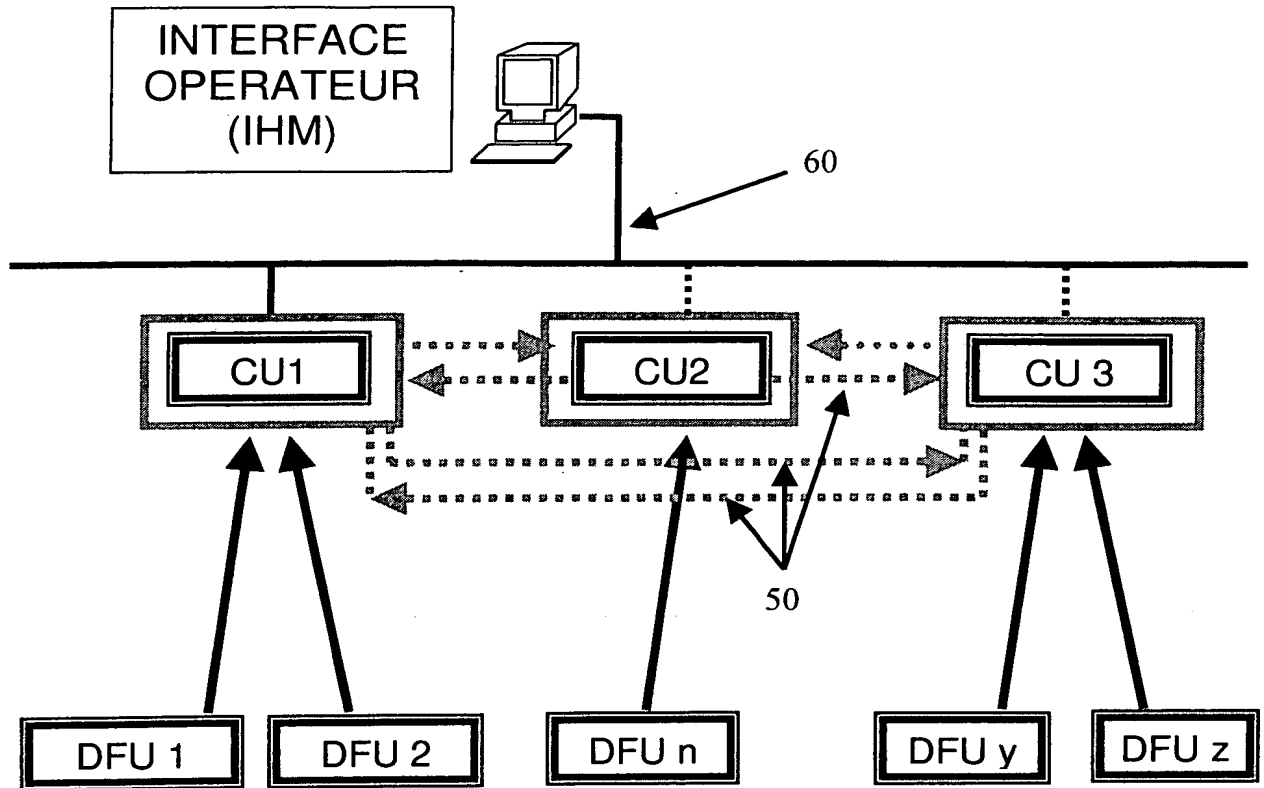


Figure 13

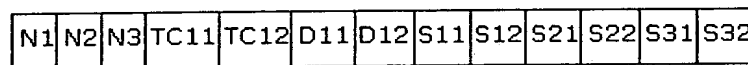


Figure 14

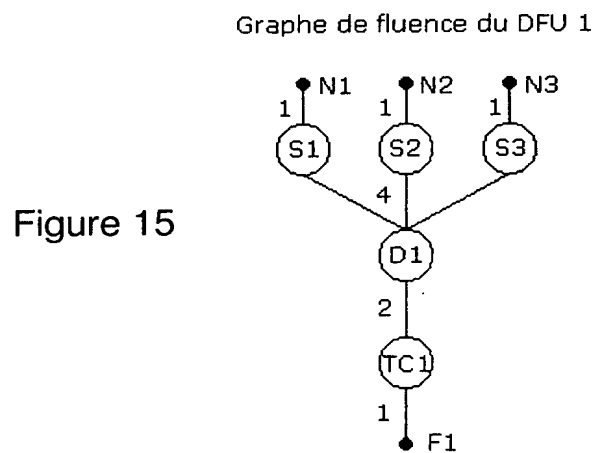


Figure 15

7/ Procédé de recherche opérationnelle selon la revendication 6, caractérisé en ce que la réduction des nœuds d'un graphe partiel est réalisée à partir des fichiers binaires décrivant les nœuds de base ainsi que les liaisons d'état du graphe en effectuant des opérations de ET logique et de OU logique entre ces fichiers binaires.

8/ Procédé de recherche opérationnelle selon la revendication 7, caractérisé en ce que le graphe de fluence de la partie du schéma de base affectée à une unité de mesure (DFU) est établi à partir du schéma de base réparti saisi par un opérateur, et en ce que ledit graphe de fluence est exploité par l'unité de mesure afin d'optimiser le nombre d'opérations logiques qu'elle doit réaliser entre les fichiers binaires pour les étapes de réduction de nœuds.